

DIE MILCHSTRASSE

VON

PROF. DR. MAX WOLF

Die Milchstraße

Vortrag,
gehalten in der Allgemeinen Sitzung
der 79. Versammlung
Deutscher Naturforscher und Ärzte
in Dresden, am 20. September 1907

von

Prof. Dr. Max Wolf.

Mit 53 Abbildungen im Text und auf 10 Lichtdrucktafeln.



LEIPZIG
Verlag von Johann Ambrosius Barth
1908.

Jeder, der nicht zu sehr in dem mechanischen Getriebe unseres Kulturlebens, in den gewohnten Kleinigkeiten des Stadtbewohners aufgeht, richtet an den schönen Abenden des Septembermonats seinen Blick aufwärts auf die prachtvolle Sternlandschaft, die sich über seinem Scheitel ausbreitet. Ein reiches Gewebe glitzernder und strahlender Diamanten auf dunklem Sammetteppich entlockt ihm ein Seufzen des Genusses. Helleuchtende Sterne, schwache Lichtchen, bis herab zu den eben zu ahnenden Fünkchen sind in bunter Mannigfaltigkeit in den Teppich gestickt und wie ein silberner Strom zieht sich das zarte Band der Milchstraße durch das Bild, von Horizont zu Horizont über unsern Scheitel hinweg. In ihr glänzen die Sternbilder des Schützen, des Adlers im Südwesten; den westlichen Rand säumt die leuchtende Vega; dann folgt der prächtige Schwan hoch oben über unserem Scheitel, nach Nordosten herab die Cassiopeia, der Perseus und der Fuhrmann tief im Nordosten. Weiter abseits vom Strome erhebt sich eben am Osthimmel das Sternbild des Stieres mit dem allbekannten Häufchen des Siebengestirns der Plejaden, darüber steht der ungeheure Pegasus. Am Westhimmel senkt sich der große Bär und der rotstrahlende Arktur im Bärenhüter herab.

Aus der Not und den Sorgen des Lebens hinaus lockte die ersten Menschen dieser Blick auf die unerreichbaren Wunder, die Sehnsucht auf ein schöneres Dasein. Der Trieb, dem Adler bei seinem Fluge empor zu dem Himmel zu folgen, zog den Menschen unwiderstehlich hinaus aus dem engen Tal auf der Erde, in dem er sich ohnmächtig eingeschlossen fand. — Und so wie vor undenklichen Zeiten durchschauern den Menschen auch heute noch immer die geheimnisvollen Strahlen aus dem

unerreichbaren Himmelsraum. Diese Strahlen zwingen ihn, seine Phantasie und seine Beobachtungskräfte anzustrengen, die Wunder der fernen, großen Welt zu erforschen und zu verstehen.

Fürwahr es ist nicht leicht, von unserem kleinen, beengten Standplatz aus Aufschlüsse über die fernen Gestirne und unsere Lage ihnen gegenüber zu erhalten. Wie viele Jahrtausende hat es gewährt, bis wir uns eine rohe Vorstellung von unserer nächsten Umgebung im Weltraum machen konnten, bis die Erde als Glied der kinderreichen Familie der Mutter Sonne erkannt war. Und von da bis zur Erlangung der primitivsten



Fig. 1. Die Milchstraße (nach Proctor).

Kenntnisse ihrer Stellung gegen die Fixsterne vergingen wieder Jahrhunderte; und heute, wo wir vielleicht im Rohen eine ungefähre Vorstellung von unserer näheren Umgebung im Fixsternheere haben, stehen wir der Erscheinung der Milchstraße fast so unwissend gegenüber als vor hundert Jahren.

Das feinmodellierte glitzernde Band, das sich allabendlich über unseren Scheitel breitet, überspannt uns in großem Bogen von Horizont zu Horizont, und die Menschen, die auf der Südhalbkugel wohnen, sehen das Band in ähnlicher Weise unter den Sternbildern des Südens sich fortsetzen. Es schlingt sich in einem vollen Kreis um uns Erdenbewohner herum und teilt die Himmelskugel in zwei Hälften.

Das Bild Nr. 1 zeigt uns in rohen Umrissen den Verlauf

der Milchstraße auf den beiden Hemisphären der Sternkugel. Voller Unterbrechungen und Helligkeitsschwankungen erinnert uns das Band auch im kleinen Maßstab an die Kompliziertheit seines Aufbaues. Überall sind hellere oder schwächere Sterne über dasselbe zerstreut und wir erhalten vom bloßen Anblick des Himmels den Eindruck, als ob es sich in unmeßbarer Ferne hinter den Fixsternen herumschlänge.

Die mittlere Linie des Bandes liegt fast genau in einem Großkreis der Himmelskugel, ein klein wenig nach Süden verschoben. Das zeigt uns, daß unsere Erde fast genau in der Ebene dieses gewaltigen Ringes liegt, ein klein wenig nördlich heraus über dieser Ebene. Gegen den Plan des Erdäquators liegt das Band schräg geneigt[1]), so daß es schief gegen denselben ansteigt und nur in geringem Abstand[2]) vom Himmelspol vorbeizieht. Das ist auf der Nordhemisphäre im Sternbild der Cassiopeia. — Auf ein Dritteil seines Umfanges ist das Band in zwei Ströme gespalten, die nebeneinander herziehen. Auf zwei Drittel seines Umfanges bildet es einen einfachen Strom.

Man hat die Milchstraße in der Tat mit einem Strome verglichen, der sich an einer Klippe in zwei Arme bricht. Die zwei Arme laufen über den dritten Teil des Himmels ziemlich parallel nebeneinander hin. Von α Centauri auf dem Südhimmel bis zu ε im Schwan sind die zwei Arme durch einen dunklen Kanal getrennt, der dunkler aussieht wie der übrige Himmel. Das ist aber nur eine Kontrastwirkung, denn nirgends ist der Kanal frei von feinem nebligen Lichte. Überall finden wir Buchten und Halbinseln in den beiden Strömen und schwach leuchtende Bögen verbinden die Ströme an vielen Stellen. Die Ströme selbst sind keineswegs kontinuierlich. Überall finden sich Unterbrechungen und daneben Anhäufungen des leuchtenden Materials zu großen Wolken von besonderem Glanz. Ich erinnere nur an den glänzenden Butzen im Schild, der um diese Jahreszeit abends im Südwesten leuchtet, und die hellen Wolken im Schwan über unserm Scheitel. Es würde keinen

[1]) Etwa 63°.
[2]) Etwa 27°.

Zweck haben, in einem Vortrag eine detaillierte Beschreibung des komplizierten Stromes zu geben, nur ein ganz oberflächliches Bild von der Mannigfaltigkeit der Erscheinung soll durch das Gesagte angeregt werden. Es soll vor allem darauf hingewiesen werden, daß es durchaus kein homogenes Band ist, was wir da oben sehen. Im Gegenteil, es sind zahlreiche hellere oder schwächere, kleinere oder größere Flecken und Haufen, die sich in zwangloser Folge aneinander reihen. Die Milchstraße ist, wie Herschel gesagt hat, wie Sand, den man mit der Hand und mit beiden Händen hingeschleudert hat. Es ist ein scheckiges, klecksiges Durcheinander von schwachen und schwächsten Sternen und zartesten Nebelwölkchen.

Unveränderlich und starr scheinen diese Massen für uns im fernen Raume zu lagern. Die klassische Beschreibung, die uns vor mehr als 2000 Jahren der große Ptolemäus von der Milchstraße hinterlassen hat, stimmt bis ins Detail auf den heutigen Zustand.

Schon den ersten Forschern auf dem Gebiete des Universums schien es klar, daß die Milchstraße in ungeheurer Entfernung zu suchen sei, daß sie viel weiter von uns entfernt sei als die helleren Fixsterne, die uns am Sternhimmel vertraut sind. Dieser Schluß schien berechtigt aus der optischen Kleinheit der Sternchen, die im wesentlichen die Milchstraße ausmachen, wobei man halb unbewußt annahm, daß im Durchschnitt alle Sterne gleich groß seien und nur die verschiedene Entfernung sie heller oder schwächer erscheinen lasse. Diese Ansicht gewann in der Tat immer mehr an Berechtigung, als sich zeigte, daß von keinem der schwachen Milchstraßensterne die Entfernung bestimmt werden konnte und bei keinem sich eine größere seitliche Fortbewegung beobachten ließ, während doch bei zahlreichen helleren Sternen des Himmels dies möglich war. Auf dieser Anschauung basierte das kühne Bestreben Wilhelm Herschels, den Bau des Himmels zu ergründen. Er hat besonders zwei Wege hierzu eingeschlagen.

Der eine von ihm beschrittene Weg beruhte auf der Annahme, daß durchschnittlich die Sterne gleich glänzend und gleichmäßig im Raum verteilt seien. Er zählte an einer be-

stimmten Stelle des Himmels, wieviele Sterne im Gesichtsfeld seines Fernrohrs zu sehen waren. Das wiederholte er an allen möglichen Stellen des Himmels. Je mehr Sterne an einer Stelle gezählt werden konnten, um so weiter erstreckte sich das Sternenheer an dieser Stelle in die Tiefe des Raumes[1]). Diese Aichungen hat Herschel an 1088 systematisch verteilten Stellen durchgeführt. Er fand die Anzahl der Sterne von allen Seiten her gegen die Milchstraße hin zunehmen. Er kam so zu dem bekannten Bild von der Anordnung der Sterne, das Sie hier als Bild Nr. 2 projiziert sehen. Nach der einen Seite fand er die Erstreckung etwa $5\frac{1}{2}$mal so tief als nach der anderen, und damit glaubte er gezeigt zu haben, daß die Milchstraße für unser Auge dadurch zustande kommt, daß wir von unserem Standpunkt (S), nahe der Mitte dieser Sterneninsel, ringsherum

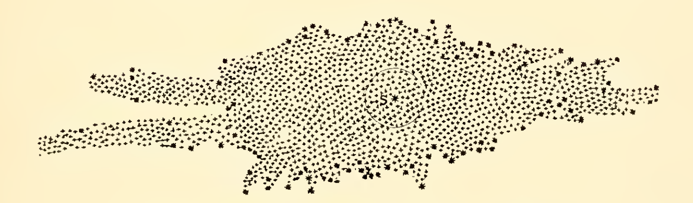


Fig. 2. Das Sternsystem nach Herschel.

viel mehr und fernere Sterne aufeinander projiziert sehen, als nach oben und unten hin, und daß sich so das Phänomen des Milchstraßenbandes optisch erzeugte. Der Teilung des Stromes der Milchstraße vom Schwan bis zum Centaurus wurde er dadurch gerecht, daß er der Sterneninsel an einer Stelle eine tiefe Einkerbung gab, so daß sich vom Innern aus gesehen dort viel weniger Sterne aufeinander projizierten.

Ein anderes Verfahren Herschels war das folgende. Er dachte sich, daß im Durchschnitt ein Stern erster Größe, wie der strahlende Sirius, in die zwölffache Entfernung versetzt als ein Stern sechster bis siebenter Größe leuchten würde. Nahm er ein Fernrohr, das viermal so lichtstark war als das

---

[1]) Achtmal soviel Sterne ließen etwa auf doppelte Erstreckung schließen, siebenundzwanzigmal soviel Sterne auf die dreifache, usw.

bloße Auge, zu Hilfe[1]), so würde ihm damit der Sirius in seine vierundzwanzigfache Entfernung versetzt eben noch sichtbar geblieben sein. Richtete er dies Fernrohr auf eine Stelle am Himmel, wo kein Stern mehr mit bloßem Auge erkennbar war, so sah er eine große Zahl schwacher Sterne und unter den schwächsten davon waren dann wohl Sterne von Siriushelligkeit, die in vierundzwanzigfacher Entfernung standen. So verfuhr er weiter, immer stärkere und stärkere Rohre auf dieselbe Gegend richtend. Sein 20füßiges Teleskop ließ ihn dann noch jene Sterne eben erkennen, unter denen Siriussterne waren, die 900mal so entfernt standen als unser Sirius. Mit dem 40füßigen Teleskop glaubte Herschel Sterne bis zur 2300fachen Siriusentfernung zu erhaschen. Indem nun Herschel an verschiedenen Stellen des Himmels ermittelte, mit welchem seiner Fernrohre keine schwachen Sterne mehr hinzukamen, hatte er an diesen Stellen die Grenze des Universums gemessen, und so glaubte er ringsherum am Himmel die Außenform des Sternsystemes und der Milchstraße festlegen zu können.

Aus der Unauflösbarkeit zahlreicher der vielen schwachen Sternhäufchen und Nebelfleckchen, die uns die mächtigen Fernrohre überall am Himmel erschauen lassen, zog Herschel gleichzeitig den Schluß, daß diese kleinen Fleckchen ähnliche Milchstraßensysteme seien, wie das unsere, und von derselben gewaltigen Dimension, nur daß sie, in ungeheuren Entfernungen von unserm Systeme liegend, den Eindruck von Kleinheit und Unbedeutendheit machten. — So war das Universum aufgeteilt. Es war erfüllt von zahllosen Milchstraßensystemen wie das unsere, die in unfaßbaren Entfernungen voneinander lagerten und vielleicht zusammen wieder ein System höherer Ordnung bildeten. Es ist dies die großzügige, poetische Spekulation, die von Kant und von Lambert um die Mitte des 18. Jahrhunderts proponiert worden ist, und die unserem Unendlichkeitsdrange so wohltuend entgegenkommt.

Schon Herschel selbst änderte seine Überzeugung im

[1]) Es würde dieses Fernröhrchen in die doppelte Entfernung reichen als das bloße Auge, das die Sterne sechster bis siebenter Größe noch eben erkennen kann.

späteren Gange seiner Entwicklung. Er hatte eingesehen, daß wir Vorstellungen über den Bau des Sternsystems nicht allein aus der Zahl der Sterne erlangen können, sondern daß wir auch die Helligkeiten der einzelnen Sterne mit in Rechnung ziehen müssen, wenn wir weiter kommen wollen. Er hat sich große Mühe gegeben, die Sternverteilung aus Zahl und Helligkeit zu ermitteln. Seine frühere Methode erschien ihm zweifelhaft, und aus dem fortgesetzten Studium am Fernrohr gelangte er zu der Anschauung, daß die Milchstraße nicht nur durch Projektion erzeugt sei, sondern daß sie mehr einem großen Ringe gleichen müsse, der uns in großer Entfernung umschließt. Auch erkannte er, daß die meisten der kleinen Nebelflecken, wenn nicht alle, zu diesem einen Ringsystem gehören und keineswegs in großen Entfernungen außerhalb zu suchen sind.

Nach Herschel sind besonders Struve, und später Argelander, Littrow und Gould, und dann Schiaparelli, Celoria und viele andere Forscher auf diesem Wege vorgegangen. Die Zeit mangelt uns hier, auf die Resultate dieser Astronomen einzugehen.

Besonders die Struveschen Untersuchungen waren von Interesse. Dieser große Astronom gelangte zu der Anschauung, daß die Sterne des Universums eine dünne flache Schicht bildeten, die sich in der Richtung der Milchstraße unbestimmbar weit hinaus erstreckt, und daß die Anzahl der Sterne in parallelen Schichten mit zunehmendem Abstand von der Milchstraßenebene abnimmt, ähnlich wie der Druck in parallelen Schichten der Erdatmosphäre. Er glaubte gezeigt zu haben, daß eine Absorption des Sternenlichtes existiert, die unserer Forschung in größere Entfernungen hinaus eine Grenze steckt.

Argelanders fundamentale Arbeiten ergaben unzweideutig, daß die relative Anzahl der schwächeren Sterne mit der Sternzahl selbst enorm wächst.

Plaßmann hat gezeigt, daß die Intensitätsverteilung, wie sie dem bloßen Auge in der Milchstraße erscheint, genau der Zahl der kartierten Sterne entspricht, und Easton hat dies weiter ausgeführt, wobei diesem Gelehrten der Nachweis gelang, daß schwache teleskopische Sterne gleiche Verteilung

zeigen wie die helleren Sterne 9. bis 10. Größe, so daß die feinsten Sterne vermutlich auch räumlich mit den helleren vielfach vereinigt sind.

Durch die Fülle des durch rastlosen Fleiß gesammelten Beobachtungsmateriales sind dabei den späteren Forschern immer mehr Helligkeitsbestimmungen und Örter von großen Mengen von Sternen zur Verfügung gestellt worden. Das gewaltige Werk der Bonner Durchmusterung, die Harvard-Photometrie und die anderen großen Katalogisierungsarbeiten ergaben eine Basis, auf der viel eher ein Fortschritt in der Erkenntnis des Weltenbaues gemacht werden konnte als früher.

Von besonderer Bedeutung sind die Arbeiten Seeligers gewesen, der zuerst den Schritt gemacht hat, die funktionale Verteilung der Sterne ihrer absoluten Leuchtkraft nach mit in Rechnung zu ziehen. Aus seinen groß angelegten statistischen Untersuchungen sucht er ein „Durchschnittsbild der Anordnung der Sterne“ herzuleiten, von dem wohl große lokale Abweichungen bestehen werden, das aber doch wenigstens den Typus des Systems erkennen läßt. Er zeigte, daß viel weniger schwache Sterne vorhanden sind, als es bei gleichförmiger Verteilung und gleicher mittlerer Leuchtkraft der Fall sein müßte. Zum zweiten zeigte Seeliger, daß die schwachen Sterne um so zahlreicher werden, je näher man der Milchstraße kommt, und daß fern von der Milchstraße die schwachen Sterne überaus sparsam ausgestreut sind.

Das typische Bild, das sich durch Seeligers Forschungen ergibt, ist das eines gewaltigen Rotationskörpers angenähert sphärischer Gestalt. In unserer Nähe stehen die Sonnen dichter gedrängt nach oben und unten hin, nach der Milchstraße hinaus weniger dicht. Weiter fort von uns ist es gerade umgekehrt, da wird der Sternreichtum immer größer, je näher man an die Ebene der Milchstraße herangeht. Es ist also eine ringförmige Verdichtung dort draußen vorhanden. Der Weltkörper muß aber nach außen zu ein Ende haben, denn alle Zahlen führen darauf, daß in endlicher Entfernung von uns die Sternhäufigkeit auf Null heruntergeht. Man schätzt jetzt die Grenze der Milchstraße in 500—1100 Siriusweiten oder etwa 7000 Lichtjahre,

d. h. das Licht würde von den äußersten Grenzen der Milchstraße bis zu uns etwa 7000 Jahre brauchen, obgleich es in einer Sekunde 300000 km zurücklegt und ein Jahr etwa 31½ Millionen Sekunden hat.

Nicht nur diese Statistik, die im wesentlichen auf der Grundlage der früheren Kataloge beruht, sondern auch alle neueren photographischen Aufnahmen deuten darauf hin, daß die Zahl der schwachen Sterne bei Verwendung starker optischer Hilfsmittel kaum noch zunimmt. Unsere Sternenwelt scheint also begrenzt und schließt nach außen nach allen Seiten hin ab.

Man hat vielfach versucht, durch Verbindung unserer Kenntnisse über die gemessenen Entfernungen der nächsten Fixsterne mit den Helligkeiten Einblick in die Konstitution des Universums zu erlangen. Hier sind aber alle Versuche bis jetzt gescheitert und zwar dadurch, daß wir nur von wenigen und zwar den nächsten Sternen die Abstände bestimmen können.

Ein dritter Weg hat etwas bessere Aufschlüsse gegeben. Eine große Anzahl Fixsterne läßt im Laufe der Zeit deutliche, wenn auch schwache scheinbare Bewegungen auf der Himmelskugel erkennen, die sogenannten Eigenbewegungen. Aus der Verbindung von Eigenbewegung und Helligkeit ließen sich nun gleichfalls statistisch Schlüsse auf die Verteilung der Gestirne ziehen. Eine große Zahl interessanter Untersuchungen sind auf diesem Gebiete gemacht worden. Von besonderer Bedeutung war es, daß hierbei auch noch die durch das Spektroskop erbrachte wahre Bewegung einer großen Zahl von Sternen, in der Richtung auf uns zu, mitverwandt werden konnte. Es würde über den Rahmen dieses Vortrages hinausgehen, wenn ich auch nur die wichtigsten dieser Untersuchungen besprechen wollte. Besonders die Arbeiten von Kobold und Kapteyn haben hier bahnbrechend gewirkt.

In letzter Linie weisen auch diese Untersuchungen darauf hin, daß alle Gestirne mit der Milchstraße zusammen ein einziges organisches Ganzes bilden. Unsere Sonne vollführt darnach eine Bewegung, die auf einen Punkt der Milchstraße gerichtet ist. Dieser Bewegung scheint sich eine große Zahl von Sternen, die der Sonne nahe stehen, anzuschließen. Außerdem

gibt es unter den Sternen zahlreiche Gruppen mit gemeinsamer Bewegung, die überall in der Hauptebene des ganzen Fixsternsystems, der Ebene der Milchstraße, vor sich geht[1]).

Dem hat die Spektralanalyse hinzugefügt, daß in unserer näheren Umgebung im Innern der gewaltigen Weltinsel die Sterne in ihrem physikalischen Zustande unserer Sonne ähneln, während weiter draußen, in der Milchstraße, die meisten Sterne viel heißer und vielfach mit gewaltigen gasförmigen Atmosphären umgeben sind.

So führt uns also die statistische Untersuchung des Fixsternhimmels zu der Anschauung, daß alle sichtbaren Sterne ein gemeinsames System ausmachen. Seine Hauptausdehnung fällt in die Milchstraße und der größte Sternreichtum ist in ringförmiger Verdichtung weit ab von uns zu suchen. Dort stehen die Sterne sich durchschnittlich näher und sind durchschnittlich kleiner aber heißer als anderswo.

Wir stehen demnach, was den äußeren Umriß betrifft, im ganzen auch heute noch auf dem Standpunkte von Wilhelm Herschel, aber im einzelnen durchschauen wir nach hundertjähriger Arbeit die typische Anordnung viel besser und sicherer.

Von dem typischen Bilde auf die dynamische Gestalt des Sternsystems überzugehen, sind verschiedene interessante Versuche gemacht worden. Zahllose komplizierte Gebilde am Himmel zeigen die Form der Spirale, und durch Analogieschluß wurden mehrere Forscher darauf geführt, das Sternsystem der Milchstraße als einen großen Wirbel aufzufassen. Nachdem zuerst Alexander und später Proctor die verwickelte Figur der Milchstraße durch spiralige Anordnung zu deuten versucht hatten, hat in dem letzten Dezennium Easton in Rotterdam mit großer Ausdauer und Geschicklichkeit dieses Problem behandelt. Ihm kam nun auch das Material zugute, das die Himmelsphotographie erbracht hat. Hand in Hand mit eigenen Helligkeitsschätzungen und Zeichnungen des Milchstraßenver-

[1]) Sollte die große Kooperation, die Kapteyn angeregt hat, durchgeführt werden, dann dürfte wohl in absehbarer Zeit ein Fortschritt auf diesem Wege zu erwarten sein.

laufs, den Abzählungen der Sterne auch unter Benutzung photographischen Materials, hat er versucht, die komplizierten Ströme, Inseln und Brücken räumlich zu zergliedern.

Der Eindruck, den die photographischen Aufnahmen der Milchstraße selbst mit kleinen Apparaten hervorbringen, ist recht verschieden von jenem, den wir am Nachthimmel zu bewundern gewohnt sind. Die photographische Platte bringt selbst bei kleinsten Objektiven noch Sternchen heraus, die wir mit dem bloßen Auge nicht sehen, und die helleren prädominieren ungebührlich vor den schwächeren. Wir wollen den bei uns sichtbaren Teil der Milchstraße, wie er auf dem Königstuhl mit kleinen Objektiven aufgenommen worden ist, überfliegen. Bild Nr. 3 zeigt uns im kleinsten Maßstabe[1]) den südlichsten Teil der Milchstraße des Winterhimmels. Der helle Stern rechts unten ist der alles überstrahlende Sirius; die Mitte des Bildes liegt im Einhorn, neben dem bekannten Sternbild des Orion, und es reicht vom Horizont herauf bis in die Zwillinge. Der Gesamteindruck ist der der Homogenität mit einer Zunahme der Sternfülle gegen die Mitte der Milchstraße. Bild Nr. 4 schließt nach Norden an. Es enthält die Milchstraße in den Zwillingen links unten und dem Wagenlenker in der Mitte. Der helle Stern ganz oben ist Capella, links davon steht β Aurigae; rechts am Rand ζ Persei, links darüber ξ mit seinem Nebel. Unter der Mitte strahlt β Tauri, links darunter ξ Tauri. Von der Mitte des Bildes, dem Nebel und Sternzentrum des Auriga, ziehen strukturreiche gewundene Kanäle zwischen den feinen Dunstmassen spiralförmig nach außen. Ein solcher Kanal, rechts von β Tauri, scheidet die Dunstmassen des ξ-Perseistromes von jenen des Plejadenstromes. Von oben reicht die gegabelte Höhle des Perseus in das Bild herein. Das nächste Bild Nr. 5 zeigt die gegabelte Höhle links, sie setzt sich nach oben zu einem der interessantesten Risse der Milchstraße fort. Der helle Schein in der Mitte des Bildes umschließt die hellen Sterne der Perseusgruppe. Links unten tritt wieder der ξ-Persei-Nebel aus dem Sterndunst hervor. Rechts oben beginnen die hellen

[1]) Es ist 1 etwa = 2½ mm.

Sternzüge der Cassiopeia, von Sternhaufen flankiert. Mit dem folgenden Bild Nr. 6 sind wir in die kräftigen Ströme der Cassiopeia eingetreten. Rechts ist der bekannte Perseussternhaufen sichtbar. Die nebelige Masse in der Mitte umschließt den Stern γ der Cassiopeia. Das bekannte lateinische W, das die Hauptsterne des Sternbildes ausmachen, steht auf dem Kopfe. Während die Milchstraße von oben her ziemlich gleichmäßig gegen die Mitte an Dichte zunimmt, ist der ganze untere Teil zerrissen und zerklüftet und sozusagen stellenweise ausgelöscht. Es sind die merkwürdigen Klüfte und Höhlen, die für die Erklärung des Milchstraßenphänomens von allergrößter Bedeutung sind. Besonders auffallend ist auch die sogen. ovale Höhle links von der Mitte des Bildes.

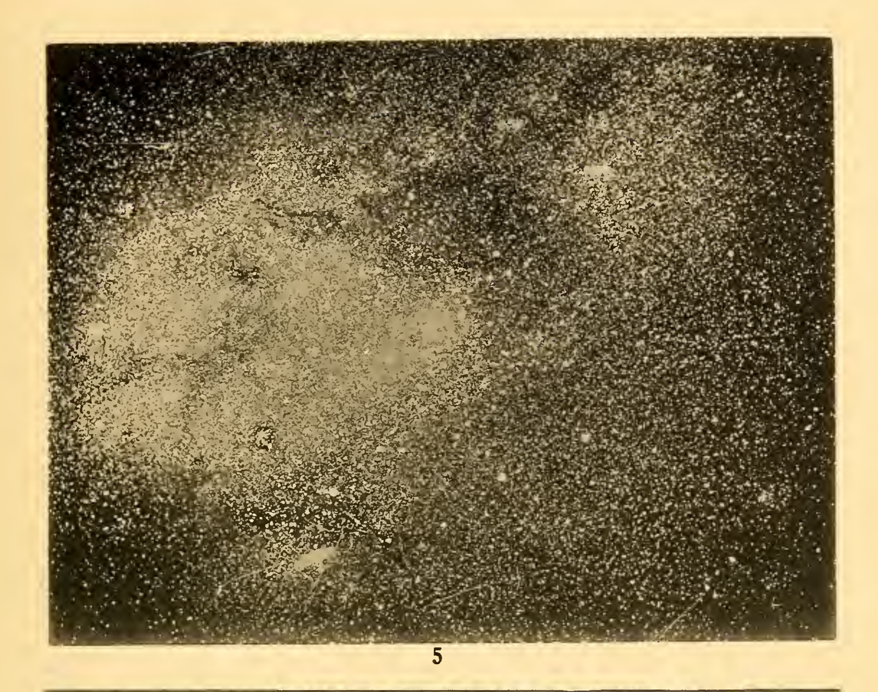
Bild Nr. 7 gibt uns den Eindruck der Milchstraße zwischen Cassiopeia und Schwan. Rechts unten ist wieder die längliche, ovale Höhle zwischen Cassiopeia und Cepheus, daneben durch einen langen Strom heller Sterne davon getrennt die Höhle des Cepheus. Der lange Sternstrom verbreitert sich in der Mitte des Bildes zu einer hellen Wolke. Ein ganz schmaler zerrissener Kanal durchschneidet die Wolke von der Mitte aus nach oben, wo er sich mehrfach gabelt. Der nach rechts gehende Zacken enthält in seinem Ende den interessanten Cocon-Nebel, von dem wir nachher noch eingehender zu reden haben. Links oben von der Mitte kommt die große dunkle Höhle im Schwan und darüber der imposante Lichtfleck des Nordamerika-Nebels. Der helle, links ansitzende Stern ist der helle Deneb. — Mit diesem Bild kommen wir über unsern Scheitel hinweg, es dreht sich die Bildrichtung. Auf dem folgenden Bild Nr. 8 finden wir den Nordamerika-Nebel nahe der Mitte. In der Mitte der Platte steht der helle Stern Deneb, und die große dunkle Höhle des Schwans sehen wir darüber; links davon den dünnen zerklüfteten Kanal mit der rechtwinkligen Abbiegung nach links, die den Cocon-Nebel enthält. Rechts unten steht die helle Sternwolke, die über γ nach β im Schwan herunterreicht, eine der auffallendsten Gegenden der nördlichen Milchstraße. Man hat gedacht, daß hier in der Mitte des Bildes beim Deneb eine Kreuzung stattfände, als ob beim Nordamerika-Nebel die zwei



3



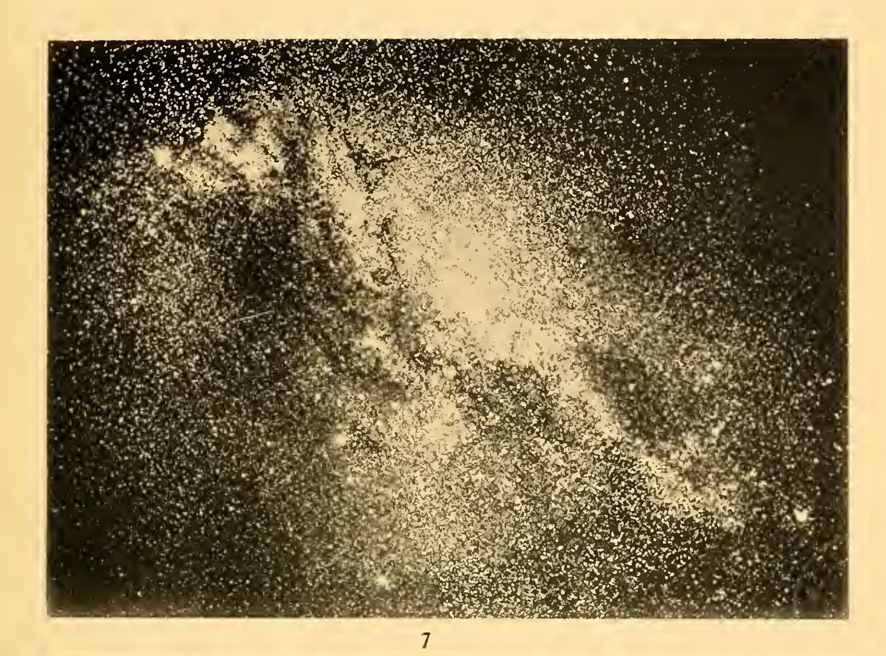
4



5



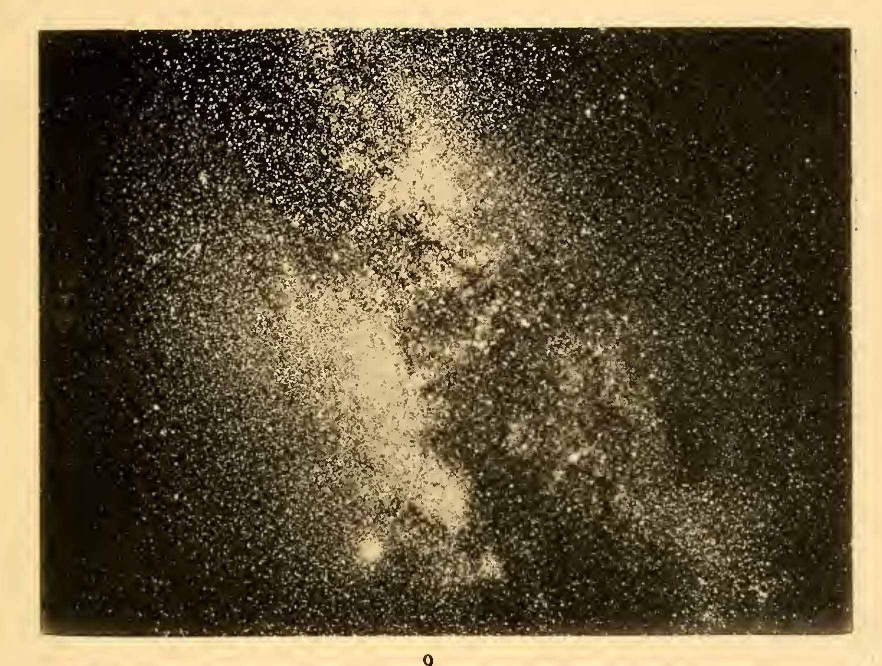
6



7



8



9



10

Ströme übereinander kreuzten; die größte Sternfülle geht vom linken auf den rechten Strom über.

Wir senken unsern Blick am Westhimmel weiter herab. Auf Bild Nr. 9 sehen wir den rechten Strom in seiner gewaltigen Sternfülle zur Mitte des Bildes herabkommen, wo die leicht erkennbaren Sternbilder des Fuchses und des Pfeiles liegen. Hier springt die Sternfülle wieder auf den linken Arm über, wo sie bleibt, soweit wir die Milchstraße nach Süden verfolgen können. Der helle Stern unten ist der Altair im Adler; rechts über ihm sehen wir die kleine dreizackige Höhle, die für die Erklärung des Phänomens großes Interesse bietet. Der rechte, westliche Arm der Milchstraße ist zerklüftet und durch Höhlen abgeschwächt gegen den linken. Unser nächstes Bild Nr. 10 zeigt jetzt den Altair links oben und daneben das dreizackige Höhlchen. Wir sehen, wie der linke Arm der Milchstraße jetzt ständig heller bleibt als der rechte. Zugleich erkennen wir, wie sich das Band in einzelne Flocken zerteilt, die in den wunderlichsten Formen wie Wolken durcheinander geweht sind. Im untern Teil des Bildes erreichen diese Wolken ihren größten Glanz. Es ist dies die lichtkräftigste Gegend der Milchstraße im Schild und Schützen. Hellere Sterne sind weniger zahlreich, aber die schwächeren sind unzählbar; sie sind zu dichten Haufen gedrängt, und feinster Dunst ist dazwischen ausgebreitet.

Damit sind wir unserm Horizont nahe gekommen, der bei uns sichtbare Teil der Milchstraße endet hier. —

Beim Betrachten dieser Bilder und besonders dieses letzten fühlen wir so recht die kräftigen Worte Herschels: Die Milchstraße ist wie Sand, den man mit der Hand hingeschleudert hat; nicht nur mit einer Hand, sondern wahllos mit beiden Händen und mit halbleeren und vollen Händen.

Nach diesen Eindrücken wird uns klar, wie schwer es sein muß, diesen komplizierten Organismus zu verstehen. Eigentlich sehen wir auf den ersten Blick an der Milchstraße gar keine Gesetzmäßigkeit, außer daß die Sterne längs eines uns umschließenden Gürtels dichter gedrängt stehen.

Trotzdem hat man, wie schon berichtet, versucht, die Gestalt des Ganzen auf eine relativ einfache Form zurückzuführen.

Herschel hatte schon aus seinen Aichungen gefunden, daß die Sommerteile der Milchstraße im Schwan und Adler sternreicher sind als die Winterteile im Auriga und Einhorn, und Celoria hat gezeigt, daß die Milchstraße im Einhorn weniger Sterne enthält als im Adler. Zählte man die Sterne bis zur 11. Größe mit, dann zeigte sich die Milchstraße im Adler auch breiter als im Einhorn. Es war also der Schluß berechtigt, daß die Milchstraße uns in der Adlerhälfte näher kommt als in der Einhornhälfte, und Celoria glaubte zeigen zu können, daß der Milch-

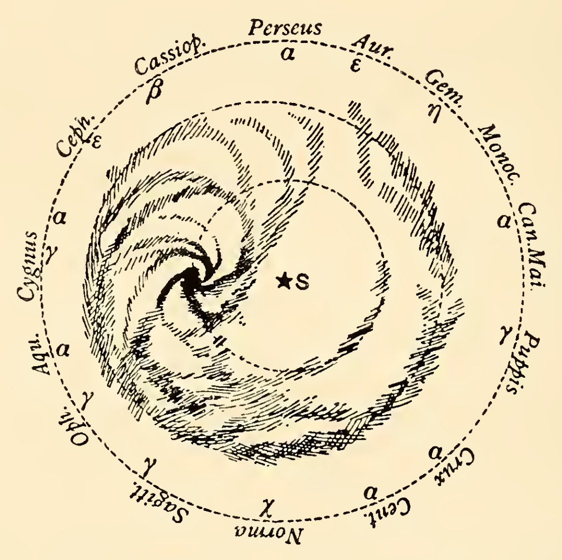


Fig. 11. Die dynamische Form der Milchstraße nach Easton.

straßenring doppelt sei, ein Ring uns näher liege als der andere, und daß die beiden Ringe um 15—20° gegeneinander geneigt seien. Wir selbst würden uns im inneren Ring befinden. Gegen das Einhorn zu würden beide Ringe verschmelzen, gegen den Adler hin nebeneinander sichtbar bleiben.

Diese Hypothese würde aber die Erscheinungen der großen Wolken und Risse und andere Verhältnisse[1]) nicht erklären. Deshalb hat Easton die Ringtheorie dahin modifiziert, daß er

[1]) Wie beispielsweise die großen Unterbrechungen des einen Bandes, die Verbindungsbrücken zwischen den zwei Bändern, usw.

sich die Milchstraße aus größeren Anhäufungen zusammengesetzt denkt, die zwar in sehr verschiedenen Entfernungen von uns liegen, die aber überallhin durch Ströme miteinander verbunden sind. Das ganze System denkt sich Easton in Spiralform angeordnet, etwa in der Weise, wie das Bild Nr. 11 es zeigt. Der Kern der Spirale müßte im Schwan zu suchen sein, und von ihm aus gingen dann nach allen Seiten hin Ströme, die nach Belieben so gruppiert werden könnten, daß der tatsächliche Anblick der Milchstraße zustande käme. Wir selbst mit dem Sonnensystem würden uns nicht gar weit von dem Zentrum der Spirale (etwa bei dem Punkte S auf dem Bilde) in einer sternarmen Gegend befinden.

Da die Eastonsche Auffassung eine völlig willkürliche Anordnung der Ströme zuläßt — diese Spirale ist durch gar keine geometrischen Forderungen gebunden —, so läßt sich auf diese Weise jeder verlangte Anblick künstlich darstellen, und man steht der Hypothese kritiklos gegenüber, ehe man nicht geometrische Postulate für die Form der Spiralen des Himmels aufgefunden hat. Sehr verführerisch ist ja die Anschauung zweifellos. — —

Nach der Lambertschen Spekulation, der auch Herschel, wie wir sahen, in seinen jüngeren Jahren zugetan war, bildete unsere Sonne mit dem ganzen Planetensystem ein System I. Ordnung, die Milchstraße mit allen Fixsternen bildete ein System II. Ordnung, in großen Abständen voneinander lagerten dann die zahllosen Milchstraßensysteme, die wir als kleine Sternhaufen oder Nebelfleckchen im Fernrohre beobachten, und bildeten alle zusammen ein System III. Ordnung. — Wir sahen, daß schon Herschel später diese Anschauung verlassen hat. Nähme man, mit Gore, die Entfernung bis zum fernsten Fixstern 2300mal so groß als diejenige des nächsten (α Centauri), so würde unsere Sterneninsel einen Durchmesser gleich 4600mal der Weite dieses nächsten Fixsternes besitzen. Dieser Stern steht nun ungefähr selbst 4600mal soweit von unserer Sonne entfernt als der Durchmesser unseres Planetensystemes beträgt. Es liegt nun nahe zu schließen, wie es schon Kepler ähnlich getan hat, daß sich die Dimensionen ebenso nach außen fort-

setzen, daß die nächste Sterneninsel 4600 × 4600 × 4600 = 4600^3mal soweit absteht, als unser Sonnensystem groß ist. Dadurch kommt man zu einer solchen Entfernung für die nächste Sterneninsel, daß das Licht an die 100 Millionen Jahre brauchen würde, um uns von dorther zu erreichen. Ein Sternsystem von ähnlicher Größe, wie das unsere, würde uns dort draußen unter kleinerem Winkel erscheinen als eine Bogenminute, und seine Lichtschwäche müßte für uns so enorm sein, daß es kaum jemals mit menschlichen Hilfsmitteln gesehen werden könnte.

Viele Hunderte der fernen Sternhaufen und Nebelfleckchen sind nun aber recht helle und strukturreiche Objekte für uns; sie sind sogar recht grobzügig gebaut. Wir wollen uns einige solcher Objekte, aufgenommen mit unserem großen Reflektor von Zeiß, hier betrachten.

Bild Nr. 12 zeigt Ihnen einen kleinen Nebelfleck im Haar der Berenice. Ein zentraler, heller Kern ist umschlossen von spiralig gewundenen Nebelarmen, die schön symmetrisch um den Kern angeordnet sind. Einen originellen Nebelfleck gibt uns das Bild Nr. 13. An den hellen Kern legt sich einseitig eine dunkle Zone; die umgebenden Spiralwindungen sind entsprechend verzerrt. Das Ganze hat die Form eines menschlichen Auges. Ein größerer Nebel, Bild Nr. 14, der sogenannte Hantelnebel im Fuchs, zeigt kaum spiralige Anordnung; vom Zentrum aus ist die Materie längs einer Linie größter Dichtigkeit angeordnet. Auch der fischartige Nebel, Bild 15, man nennt ihn den Hering, zeigt keine spiralige Anordnung, aber auch keinen Kern. Er hat manche Ähnlichkeit in dem Aufbau mit unserer Milchstraße. Das nächste Bild Nr. 16 zeigt in ganz flacher Aufsicht einen Nebel mit einem hellen Kern und deutlich erkennbarer Spiralform. In Bild Nr. 17 sehen wir auf die Fläche eines schönen Spiralnebels. Vom zentralen Kern gehen an gegenüberliegenden Punkten spiralförmige Windungen aus, die, stellenweise zu Knötchen verdickt, sich allmählich im Raume verlieren. Diesen Nebel hat sich Easton als Typ für seine Milchstraßenspirale gewählt. In Bild Nr. 18 sehen wir etwas schräger auf eine solche Spirale, die außerdem noch etwas gestreckt erscheint. Das nächste Bild Nr. 19 zeigt den bekannten



12 H I 84 Comae (Refl., 1¼ Stdn. bel.).



13 M 64 Comae (Refl., ¾ Stdn. bel.).



14 M 27 Vulpeculae (Refl., ½ Stdn. bel.).



15 H V 42 Comae (Refl., 1½ Stdn. bel.).



16 H V 24 Comae (Refl., $1^3/_4$ Stdn. bel.).



17 M 100 Comae (Refl., $1^1/_4$ Stdn. bel.). 18 H I 56 Leonis (Refl , $1^3/_4$ Stdn. bel.).



19 Der Andromeda-Nebel (6 Zöller, 6 Stdn. bel.).



21 Nebel M 51 Canum (Reflektor, 53 Min. bel.).



22 Nebel M 101 Ursae (Reflektor, 2 Stdn. bel.).

20 Der grosse Nebel in der Andromeda (mit dem 28" Reflektor 2 Stdn. bel.).



20 Der grosse Nebel im Orion (mit dem Reflektor 30 Min. belichtet),

Andromedanebel. Auch er besitzt die zentrale Verdichtung und das symmetrische Entspringen zweier gewaltiger Spiralwindungen. Bild Nr. 20 mit dem großen Reflektor aufgenommen, zeigt die Spiralstruktur deutlicher. Auch diesen Nebel hat man vielfach als Analogon zu unserem Milchstraßensystem aufgefaßt, besonders auch deshalb, weil er so schön die vielen dunklen Höhlen erkennen läßt, wie wir sie in unserer Milchstraße beobachten. Das nächste Bild Nr. 21 gibt den berühmten Spiralnebel in den Jagdhunden, dessen Spiralform, als erste überhaupt, durch Lord Rosses großes Spiegelteleskop enthüllt worden ist. Auch hier sehen wir den zentralen Kern der Hauptspirale und den symmetrischen Ursprung der beiden gegenüberliegenden Spiralarme. — Den schönsten Nebel des Himmels, im großen Bären, zeigt Bild Nr. 22. Es deckt sich ziemlich mit der schematischen Figur, die Easton für die Milchstraße entworfen hat. So könnten wir mit den nötigen Hilfsmitteln Hunderte und Tausende von spiraligen Nebelfleckchen zur Darstellung bringen. Sie alle zeigen zwei Regeln: erstlich besitzen sie einen alles überstrahlenden hellen Zentralkern, und zweitens zeigen alle, daß sich meist zwei bevorzugte Spiralströme symmetrisch vom Kern ablösen, — beides abweichend von der Gestalt, wie sie Easton für das Milchstraßensystem gefordert hat.

Aus der Untersuchung solcher Nebelfleckchen ergibt sich auch, wie schon gesagt, eine relativ grobe und einfache Struktur, was sehr dafür spricht, daß die Gebilde uns relativ nahe stehen, keineswegs aber aus maßloser Entfernung gesehene Milchstraßeninseln darstellen.

Zu ähnlichem Schlusse führt die scheinbare Verteilung dieser Gebilde. Man kann allgemein aussprechen, daß am Himmel dort, wo viele Sterne stehen, wenig solcher Nebelfleckchen zu finden sind, und umgekehrt, wo wenig Sterne stehen, sich viele Nebelfleckchen zusammenfinden. Nur wenig solcher Nebel liegen in der Milchstraße[1]), fast alle weit ab davon gegen die Pole der Milchstraße hin. Sie fliehen die Milchstraße und ordnen sich ihrer Zahl nach genau entsprechend ihrer Lage gegen die

[1]) Ausgenommen die 2 Ströme durch Perseus und Sagittarius.

Milchstraße[1]). Am Nordpol der Milchstraße treten sie so dicht zusammen, daß alles mit solchen Nebelfleckchen erfüllt erscheint. Bild Nr. 23 (s. S. 45) bringt eine Stelle am Pol der Milchstraße zur Darstellung, die ganz erfüllt von solchem Kleinzeug ist; nur ganz wenig Sterne sind dazwischen zu sehen.

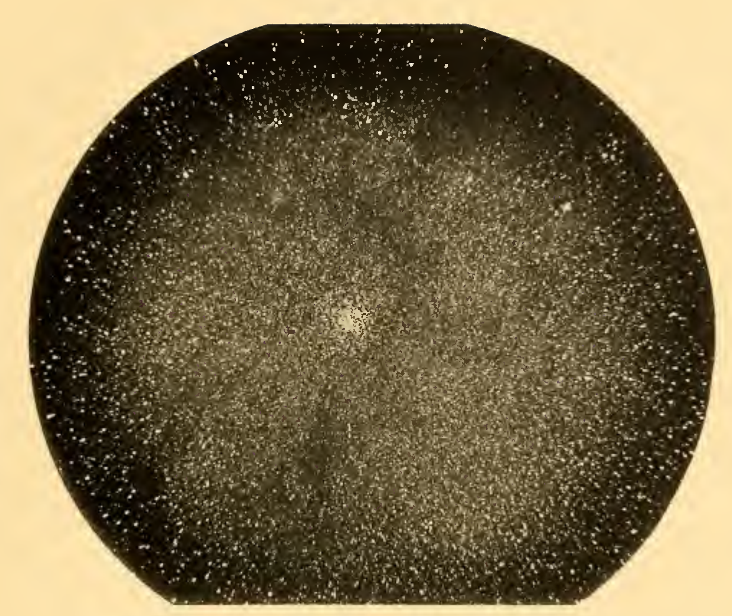
Eine besondere Klasse kleiner Nebel allerdings und fast alle Sternhaufen verhalten sich umgekehrt. Nämlich die Nebelfleckchen, welche reines Gasspektrum zeigen, halten sich in oder hart bei der Milchstraße, und dasselbe tun die Sternhaufen;



Fig. 24. Sternhaufen M. 11 Scuti (6 Zöller, 3¼ St. bel.).

sie gehören in die leuchtenden Ströme der Milchstraße organisch hinein. So bildet z. B. der Sternhaufen im Schild, den wir auf Bild Nr. 24 sehen, einen integrierenden Teil der Milchstraße. Er bildet ein Zentrum, um das sich die Sternzüge der Milchstraße spiralig gruppieren. — Noch in anderer Hinsicht ist dieser Sternhaufen äußerst interessant. Das Bild Nr. 25, das mit dem Zeißschen Reflektor genommen ist, gibt die Gegend in größerem Maßstab. Schon der erste Blick, noch mehr eine

[1]) Freilich ließe sich auch sagen, daß die Erstreckungsebene der Milchstraße gesetzmäßig gegen die Verteilung der Welten höherer Ordnung gelagert sein könnte.



25 Sternhaufen M 11 Scuti. (Refl., 2 Stdn. bel.).



34 Die dreiteilige Höhle in Aquila. (Refkl., 3 Stdn. bel.).

genaue Untersuchung, zeigte, daß der Haufen in der Mitte aus den helleren Sternen der Gegend aufgebaut ist. Darunter liegt das feine Netzwerk viel schwächerer Sterne als Hintergrund. Sie drängen sich nicht wahrnehmbar gegen dieses Zentrum zusammen. Wir sehen hier also durch eine Schicht von Sternen 10.—11. Größe hindurch auf eine ferne, gleichmäßige Sternschicht, die aus Sternen 14.—18. Größe zusammengewoben ist, ähnlich also, wie die Eastonsche Auffassung es verlangt. Die Anzahl der fernen Sterne ist ungeheuer groß, und sie stehen so dicht gedrängt, daß man sie nicht zählen kann; die Platte enthält auf einen Quadratgrad wohl 100 000 Sterne, 100 000 ferne Sonnen, wie die unsrige!

Nach allem sind wir heutzutage berechtigt, als wahrscheinlich anzunehmen, daß die Sternhaufen und Nebelfleckchen einen wesentlichen Bestandteil unserer Sterneninsel darstellen und uns vielleicht relativ nahe lagern. Sie alle bilden mit den Sternen der Milchstraße ein organisches Ganzes, und ferne Milchstraßeninseln hat der Mensch wohl noch niemals zu Gesicht bekommen.

Wir haben so die Nebelfleckchen als Kleinkram zu betrachten, der im großen Markt der Milchstraße überall feilgeboten wird. Wir haben gleichzeitig erkannt, daß diese Spiralnebel alle einen hervorleuchtenden Kern und relativ grobe Struktur besitzen. Die neueren Forscher[1]) denken sie sich als das Resultat des Zusammenstoßes zweier Weltkörper. Alle besitzen ursprünglich wohl 2 Spiralarme, die an gegenüberliegenden Punkten aus einem Kern ausgebrochen sind. Daraus entstehen uns von neuem Zweifel, ob Easton mit der Spiralform als Gestalt des Milchstraßensystemes das Richtige getroffen hat. Immerhin wäre es möglich. Aber auch die Gegend des Himmels, wo Easton das Zentrum der Spirale hinverlegt[2]), sieht durchaus nicht danach aus, als ob hier eine besondere zentrale Verdichtung vorhanden wäre. Die helleren Sterne liegen uns im Cygnus wohl sicher näher als anderswo in der Milchstraße, aber wo steht die zentrale Verdichtung? Es ist zu bedenken,

[1]) Chamberlin-Moulton, Arrhenius.

[2]) Und früher ebenso der Verfasser (London 1893).

daß wir dieser Verdichtung ganz nahe sein sollen. Wenn irgend eine Andeutung für Derartiges, wie es Easton fordert, in der Milchstraße gesucht wird, so findet es sich am ehesten im Wagenlenker, aber freilich sehr fern von uns.

Wir müssen also aussprechen, daß uns die geometrische Form für die Anordnung unseres Systemes zurzeit noch nicht mit Sicherheit bekannt ist, und wir müssen resigniert zugestehen, daß wir vom Aufbau der Milchstraße noch sehr geringe Kenntnisse haben. — —

In den letzten Jahren hat die Photographie uns eine Reihe von Perspektiven eröffnet, die uns wohl dem Verständnis des



Fig. 26. Umgebung von γ Cygni (16 Zöller, $6^3/_4$ St. bel.)

Phänomens näher bringen werden. Wie erwähnt, besitzt die Mehrzahl der Milchstraßensterne großen Reichtum an blauen Strahlen, sie gehören zu dem Typus, wie ihn der Sirius repräsentiert. Es sind besonders heiße Sterne mit helleuchtenden Atmosphären. Die kleinen Gasnebel folgen ebenfalls der Milchstraße. Aber nicht nur diese, sondern fast überall in und besonders an den Rändern des Stromes lagern gewaltige diffuse Nebelmassen, die vielleicht auch Gasform besitzen. Das Spektro-

skop scheint es zu beweisen. Diese an die Milchstraße gebundenen Massen von unfaßbarer Ausdehnung bilden eine charakteristische Eigenschaft derselben, und gerade durch ihre Untersuchung hoffen wir in das Rätsel der Milchstraße eindringen zu können.

Sehen wir uns die Gegend bei γ im Schwan — Bild Nr. 26 — an, wo diese Nebelmassen besonders deutlich herauskommen. Sie ketten sich knapp an die Haufen und Züge der Sterne an.

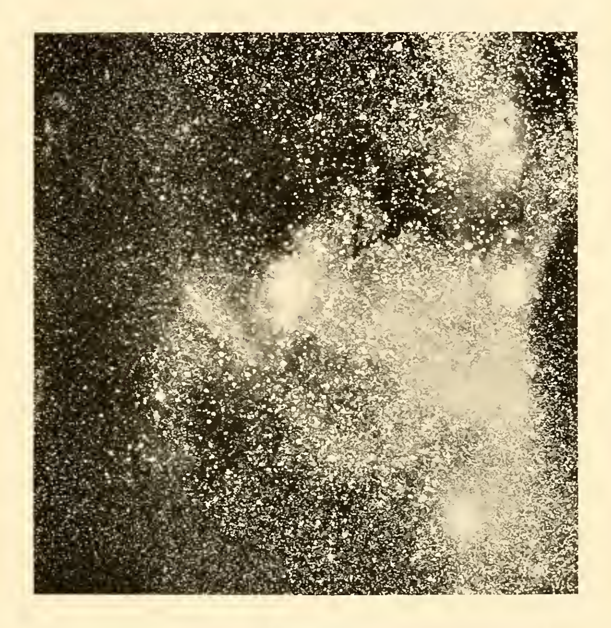


Fig. 27. Umgebung von S Monocerotis (16 Zöller, $5^{1}/_{4}$ St. bel.).

Ähnliches zeigt die Gegend bei S im Einhorn — Bild Nr. 27. Es wäre hier schwer zu beweisen, wenn man behaupten wollte, daß die nebligen Massen in anderen Entfernungen von uns lagern, als die Sternenwolken, die von ihnen umhüllt werden. Zugleich sehen wir hier, wie die Ränder der Sternwolken stellenweise, wie ausgestanzt, durch Kanäle gebildet werden, die fast völlig leer von Sternen bleiben. — Man hat geglaubt annehmen zu dürfen, daß diese Klüfte nur scheinbar seien, dadurch hervorgerufen, daß dunkle Materie, die von den Nebelmassen ausgeht, die Lichtstrahlen der fernen Sterne abfängt,

dieselben unseren Augen verhüllt. Gerade auf diesem Bild scheint sich die Unmöglichkeit dieser Annahme zu zeigen. Wir sehen, wie die Klüfte scharf in die Sternmengen einreißen, die Sterne mittlerer Helligkeit beseitigend, während überall gerade das Netzwerk allerschwächster Sterne noch weit herein in die Klüfte sichtbar bleibt. Wir sehen an den Rändern auf kugelförmige Perspektive, wie bei Sternhaufen.

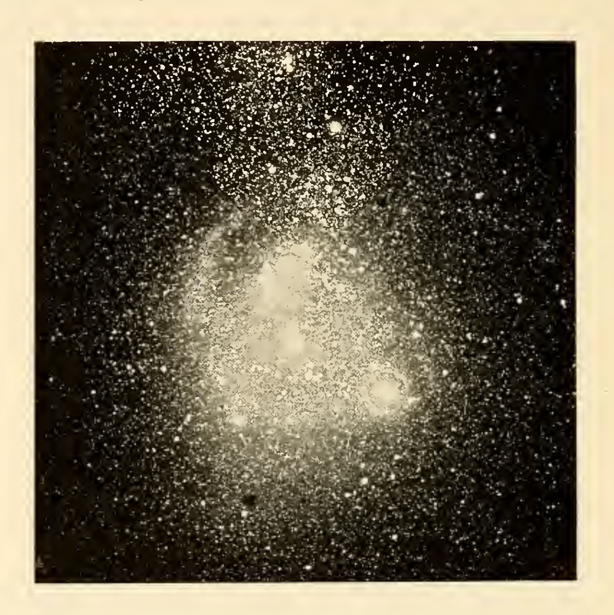


Fig. 29. Das Sternbild Orion (Unar, 3 St. bel.).

Ein schönes Beispiel für Nebel- und Höhlenbildung bietet der bekannte Nebel im Schwertgriff des Orion, in der Einhornhälfte am Rande der Milchstraße. Das Bild Nr. 28 (s. S. 24) gibt eine Vorstellung von der Feinheit und Kompliziertheit dieser Nebelmassen. Wogende Schlieren, fein drapiert, sind zu unentwirrbarem Chaos verwoben. Bild Nr. 29 gibt die Umgebung des Nebels. Das Bildchen zeigt das ganze Sternbild Orion in kleinstem Maßstabe. Das unbedeutende Fleckchen in der Mitte ist unser Nebel. Er ist nur eine Verdichtung in ungeheuer ausgedehnten schwachen Nebelbändern. Bild Nr. 30 hat den Klecks unseres Nebels in größerem Maßstab wieder in der Mitte. Hier finden wir nun den hellen Nebel umgeben von einer weiten

Höhle, die ganz arm an feinen Sternen ist. Und diese Höhle ist langgestreckt; sie tritt von links unten in das Bild ein. Wir

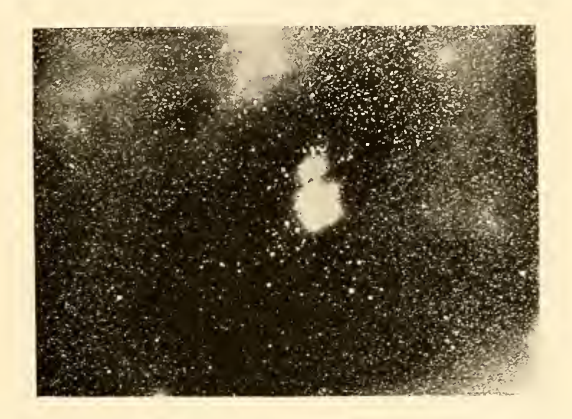


Fig. 30. Die Umgebung des Orionnebels (6 Zöller, $4^1/_2$ St. bel.).



Fig. 31. Sternverteilung um den Orionnebel.

sehen den hellen Nebel nahe dem oberen Ende dieser Wüste. Bild Nr. 31 zeigt das statistische Resultat der peinlichen Abzählung der Sterne dieser Gegend. Die Dichte der Schraffierung gibt die Sternzahl an. Die Stelle des dichtesten Nebels ist durch ein Quadrat angedeutet. Wir sehen hier die Erscheinung zahlenmäßig bestätigt; man wird also gezwungen, den Nebel in physische Verbindung mit dem Prozeß der Höhlenbildung zu bringen und zu fixieren, daß ein Vorgang unter den Sternen

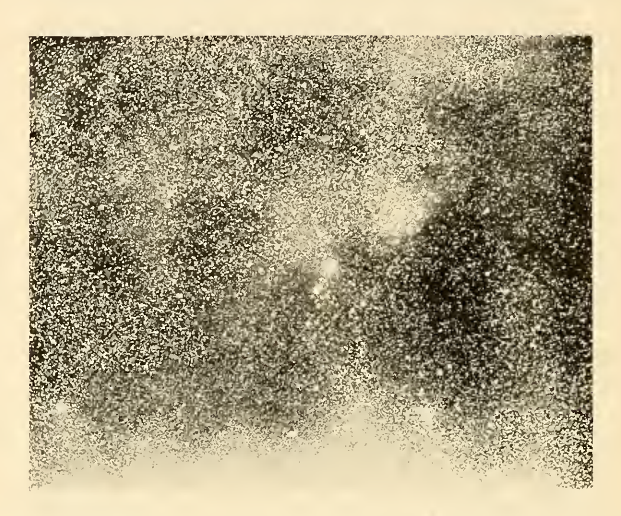


Fig. 32. Gegend von β Cassiopeiae (6 Zöller, 15¼ St. bel.).

hier von links unten nach rechts oben über riesige Himmelsräume fortgeschritten ist.

Es gibt auch zahlreiche Höhlen, wo der Vorgang nicht so klar verfolgt werden kann. Manchmal weil der Prozeß erloschen ist oder die verwandten optischen Mittel ungenügend sind. Bild Nr. 32 aus der Mitte des Sternbildes der Cassiopeia zeigt die Erscheinung in ganz verwickelter Weise; man weiß nicht, zu welchen Höhlen die Massen gehören. Das Bild ist übrigens über 15 Stunden lang belichtet. Besonders interessante Risse zeigt auch die Gegend bei γ im Adler, Bild Nr. 33, wo drei zusammenhängende Höhlen, zu perspektivischem Anblick geordnet, fast frei von Sternen mittlerer Helligkeit geblieben sind. Bild Nr. 34 (s. S. 27) führt uns durch die Kraft des Reflektors

in das Detail dieser Höhlen. Über alle drei Höhlen ziehen fast ungestört einige kontinuierliche Ketten von helleren und auch schwächsten Sternchen. Aus ersterem würde folgen, daß die 3 Höhlen nicht in den allervordersten Schichten zu suchen sind.

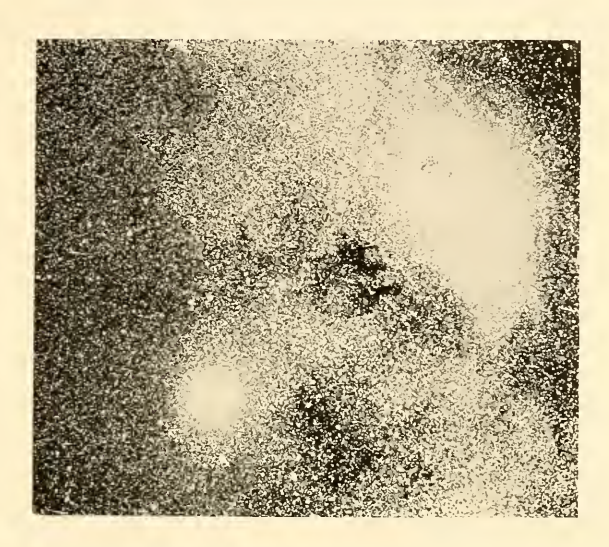


Fig. 33. Die dreiteilige Höhle im Adler (6 Zöller, $10^1/_2$ St. bel.).

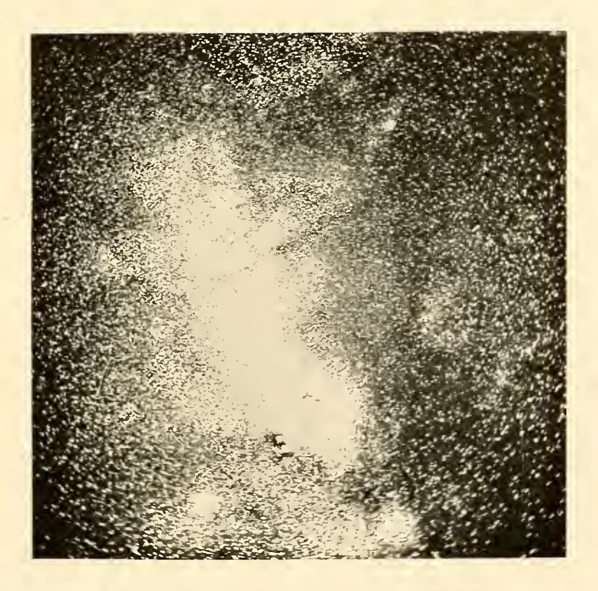


Fig. 35. Milchstraße im Adler ($2^1/_4$ Zöller, $4^3/_4$ St. bel.).

Die größte Höhle ist ferner fast ganz mit schwachen Sternen ausgefüllt. Daraus würde folgen, daß diese breiteste Höhle uns viel näher liegt wie die zwei andern, so wie es der bloße Anblick aufdrängt. Die schmalste Höhle ist in ihrem spitzen Ende mit feinstem Sterndunst erfüllt. Bild Nr. 35 bietet eine Übersicht über diesen Teil der Milchstraße; in der linken Seite der großen Sternwolke unten ist der dreifache Einriß, aber von rechts treten ebenfalls große Sternhöhlen an die Wolke heran. Der Vorgang scheint links nur schärfer ausgeprägt.



Fig. 36. Nebel um Monocerotis (16 Zöller, 6 St. bel.).

Sehr rein zeigt den vorhin beschriebenen Vorgang der große Nebel im Monoceros, Bild Nr. 36. Um den Nebel und einseitig von ihm zeigt sich die Verminderung der Anzahl schwacher Sterne. Das statistische Resultat, Bild Nr. 37 läßt ganz die gleiche Gesetzmäßigkeit erkennen, wie ich sie Ihnen am Orionnebel demonstriert habe: Umschließung durch Sternleere und einseitige Verschiebung des Vorganges.

Der große Nebel im Schützen — Bild Nr. 38 — hängt wie eine reife Frucht am Rande der feinen Dunstmassen der Milch-

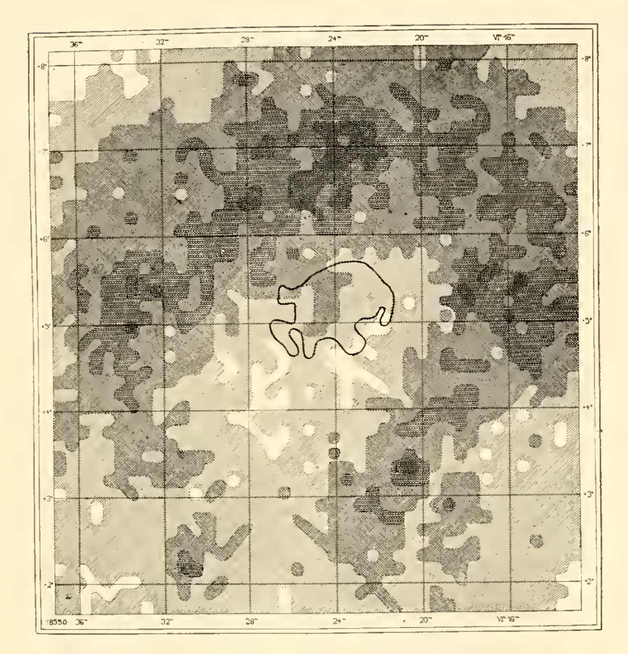


Fig. 37. Sternverteilung um den Monocerosnebel.



Fig. 38. M. 8 Sagittarii (16 Zöller, 2 St. bel.).

straße. Um ihn und neben ihm treten allerhand Risse in die Milchstraße ein, so, als ob der Nebel den Ort angäbe, wo das Eindringen der Risse oder das Zurückziehen der Sternenfülle vor sich geht. Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse beim Perseusnebel — Bild Nr. 39. — Ein langer Riß dringt von oben schräg in die Milchstraße herein und dezimiert hinter dem Nebel und um ihn herum die Sternfülle. Die Karte der Sternverteilung — Bild Nr. 40 — bestätigt den Anblick. Wir finden auf ihr die zahlenmäßige Feststellung der Erscheinung. Der



Fig. 39. Nebel bei ξ Persei (16 Zöller, 3 3/4 St. bel.).

Nebel selbst ist durch die zwei Kurven angedeutet. Wir sehen den Riß von rechts oben herabdringen; und wo der Prozeß seine vordere Seite hat, leuchtet der Nebel auf.

Das Bild Nr. 41 gibt die Milchstraße im Schwan. Links oben sehen wir einen hellen Flecken, der aussieht wie eine Landkarte von Nordamerika, es ist der sogenannte Amerikanebel. Das Bild Nr. 42 bringt den Nebel zu zentraler Darstellung. Zwischen die Sterne ist gewaltige Nebelmasse malerisch eingetragen und wir sehen sie rings umschlossen von Rissen in

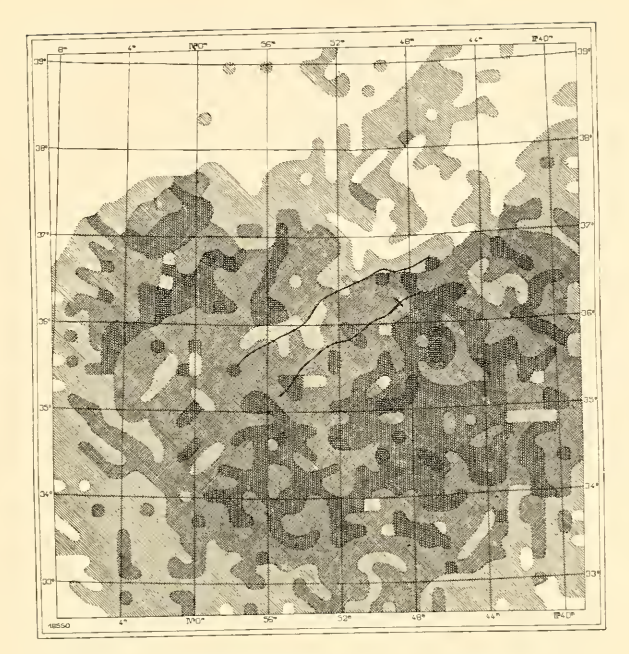


Fig. 40. Sternverteilung um den Perseusnebel.



Fig. 41. Milchstraße im Schwan (2¼ Zöller, 9 St. bel.).



Fig. 42. Nordamerikanebel (6 Zöller, $10^3/_4$ St. bel.).

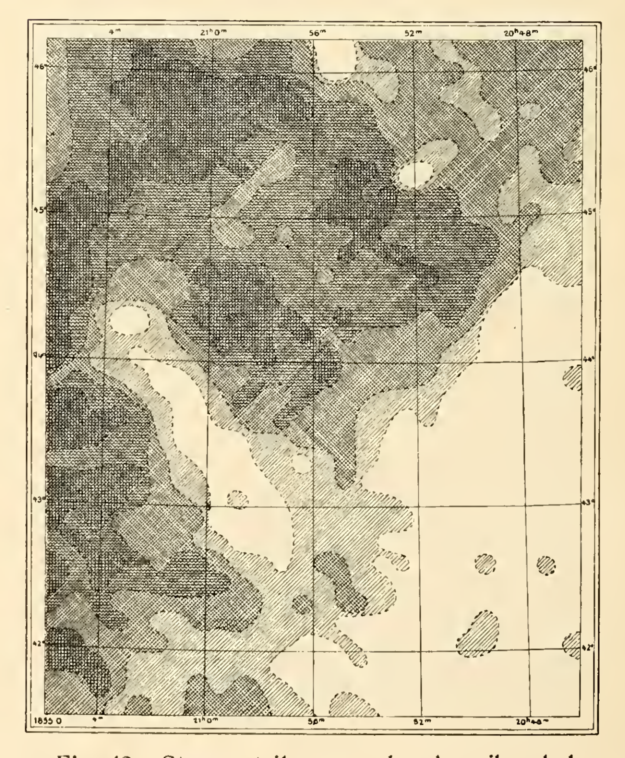


Fig. 43. Sternverteilung um den Amerikanebel.

44 Der Nord Amerika-Nebel (mit dem 28" Reflektor 2½ Stdn. belichtet).



47 Nebel H IV 74 Cephei (vergrössert).

den Sternenwolken, die genau den Konturen des Nebels folgen. Das Bild Nr. 43 zeigt das Resultat der Abzählung der Sterne. Im Nebel, dessen Ort aus der Sternverteilung in die Augen springt, finden sich zahllose Sterne, ringsherum herrscht Armut. Wieder ist die einseitige Stellung des Nebels gegen die ganze



Fig. 45. Nebel bei 52 Cygni (Refl., $1^1/_4$ St. bel.).

Höhle erkennbar; er steht am nordöstlichen Ende derselben. Der Konnex zwischen dem Vorgang der Nebelbildung und der Höhlenbildung unter den Sternen ist auf Bild 42 geradezu verblüffend. Der Nebel scheint aus der Höhle rechts unten nach links oben weitergeschritten zu sein. Das Bild Nr. 44 (s. S. 40)

gibt den Nebel selbst, mit dem mächtigen Reflektor. Das faszinierende ist die Bewegung der Massen, die aus dem Bilde spricht. Hier erkennen wir nun auch, wie die Nebelbänder stellenweise die Verbindung von schwachem Stern zu schwachem Stern herstellen, Nebelbrücken viele Sterne miteinander verknüpfen[1]). Es erscheint äußerst wahrscheinlich, daß Nebel und Sterne physisch verbunden sind. Streng ist dies natürlich sehr schwer nachweisbar. — Zu einem andern interessanten Beispiel

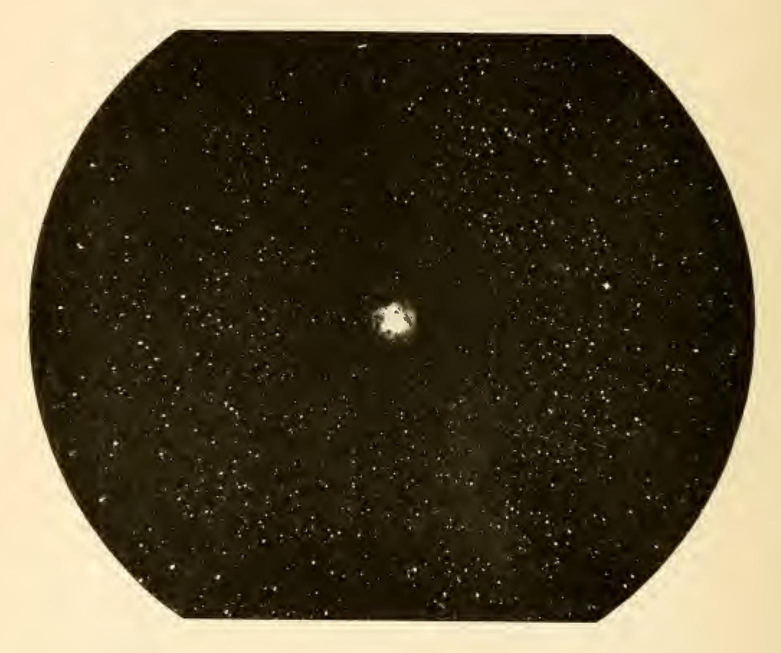


Fig. 46. Nebel H IV 74 Cephei (Refl. 2 St. bel.).

führt uns Bild Nr. 45. Der langgestreckte, feingegliederte Nebel scheidet in stupenter Weise eine Gegend größter Sternfülle von einer solchen geringerer Sternzahl. Gerade hier finden wir nun im Nebel zahlreiche Verknüpfungen schwacher Milchstraßensterne durch Nebelbänder[2]).

Aus den angeführten Beispielen ist mit großer Wahr-

---

[1]) Besonders in der Gegend $20^h\ 55.1^m + 43^\circ\ 24'$ (55.0).
[2]) Besonders in der Gegend unmittelbar südlich von 52 Cygni.

scheinlichkeit zu erweisen, daß die Nebelmassen in derselben Tiefe lagern, wie die vielen Milchstraßensterne. Dies zwänge uns zu einem wichtigen Schluß. Wir haben gesehen, daß die Höhlen mit den Nebelmassen physisch verbunden sein müssen; nun hat sich gezeigt, daß die Nebel selbst die Milchstraßensterne physisch zu verknüpfen scheinen. Die Höhlen müßten daher ebenfalls in der räumlichen Tiefe der Milchstraßensterne lagern.

Man hat, wie gesagt, behauptet, daß die Nebel weit vor der Milchstraße, uns relativ nahe liegen, und von undurchsichtigen Massen umgeben seien, die uns das Licht der Sterne verdecken. Die Höhlen wären darnach nur scheinbar.

Nach den beobachteten Verknüpfungen ist es fast sicher, daß, wenn eine Absorption eintritt, sie in relativer Nähe der Sternenwolken zu suchen ist, zwischen den fernen Sternen selbst, und nicht weit vor ihnen[1]).

Besonders zwei Beispiele schienen dafür zu sprechen, daß man es bei der Höhlenbildung mit einer Absorptionserscheinung zu tun hat.

Das erste bildet ein Nebel im Cepheus. Bild Nr. 46 zeigt uns die langgestreckte Höhle zwischen den Sternen, die von oben in das Bild hineinkommt, in deren einem, erweiterten Ende der Nebel ruht, so wie eine Erdspinne in ihrer Höhle. Alle besprochenen Gesetzmäßigkeiten sind auf den ersten Blick zu erkennen, aber es sieht aus, als ob die Höhlenbildung durch dunkle Massen verursacht sein könnte, die die Fortsetzung des Nebels bilden. Auf Bild Nr. 47 (s. S. 40) sehen wir den Nebel im Detail, wie er aus dem Dunkel allmählich gegen die Mitte hin auftaucht und die ganze Höhle unsichtbar zu erfüllen scheint. Aber auch hier lassen sich vielleicht verschiedene Verknüpfungen mit Sternen der Gegend nachweisen. Die Hauptaufgabe der

---

[1]) Verschiedene andere Gesetzmäßigkeiten hat die Photographie uns noch erbracht, z. B. daß die Höhlen gegen die Nebel hin einfach werden, weiter zurück aber gegabelt sind; daß in den Nebeln selbst schon die Zahl der Sterne geringer wird, dort wo die Nebel hell aufleuchten, also im Rand der Nebel selbst; daß allerschwächster Dunst auch die Höhlen selbst erfüllt, usw.

Sternphotographie wird offenbar künftig darin bestehen, solche Verknüpfungen mit Evidenz nachzuweisen.

Noch instruktiver für den Bewegungsvorgang der Erscheinung ist ein Nebel im Schwan. — Bild Nr. 48 läßt den langen Kanal erschauen, den der Vorgang erzeugt hat; in seinem Ende wogt der Nebel, wie eine Puppe eingesponnen. Miß Clerke hat den Nebel bezeichnenderweise den Coconnebel getauft. Das nächste Bild Nr. 49 gibt das Detail des Nebels wieder.

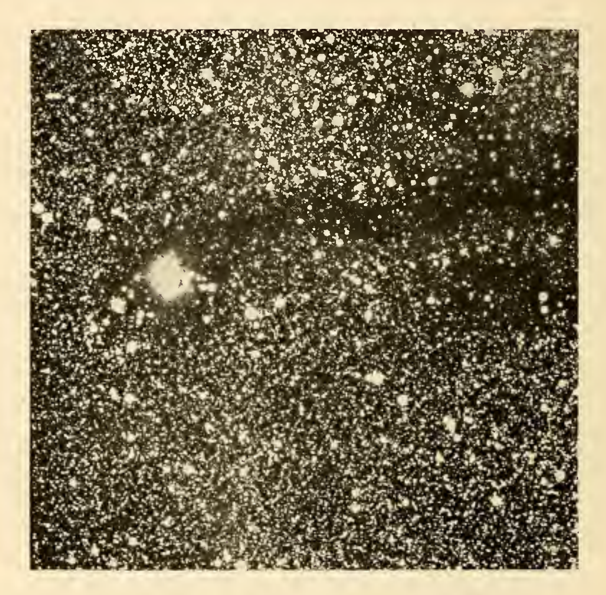


Fig. 48. Der Coconnebel im Cygnus (16 Zöller, 4 St. bel.).

Es ist durchaus keine Konzentration gegen die Mitte des Nebels zu erkennen[1]), und die Sterne an den Rändern des Kanals zeigen durchaus kein Zusammendrängen, so daß das Bild verführerisch zu der Anschauung lockt, daß um und hinter dem Nebel zurückgebliebene Materie den Kanal erfüllt hat und uns das Licht der Sterne verhüllt. — Betrachten wir den Kanal genauer, so finden wir viele Stellen, wo das feine gleichmäßige Netzwerk der fernsten Sterne ungestört sichtbar geblieben ist, während nur

[1]) Wie es Arrhenius auffassen möchte (Werden der Welten p. 155).



Fig. 23. Nebelflecken am Pol der Milchstraße.



Fig. 49. Der Coconnebel (Refl. 3 St. bel.).

die Sterne mittlerer Helligkeit davor verschwunden sind. Das spricht wieder, ebenso wie bei den Adlerhöhlen, gegen die Absorption. Überblicken wir ferner auf Bild Nr. 50 den ganzen Weg, den der Prozeß zurückgelegt hat — der Nebel selbst steht links unten im Ende des dünnen Kanals —, dann sehen



Fig. 50. Milchstraße bei π Cygni (16 Zöller, 4 St. bel.).

wir, daß der enge Riß, an dessen Ende der Nebel angelangt ist, nur einen Appendix an ungeheure Sternleeren darstellt. Wir würden zu der Annahme gezwungen, daß vor großen Teilen der ganzen Milchstraße solche dunklen Wolken lagern.

Aber noch mehr. Solche Risse und Kanäle in dem Netzwerk des Himmelsgrundes ziehen, wie z. B. Bild Nr. 4 zeigt, nicht nur vor der Milchstraße, sie lassen sich von ihr hinaus

bis mitten in den gewöhnlichen Himmelsgrund verfolgen. Solche Risse reichen oft weit hinaus[1]), scharf begrenzt zwischen dem feinen Sterndunst des Himmelsgrundes. Wir kämen zu der Annahme, daß allenthalben am Himmel dunkle Materie lagert, die uns die fernen Sterne verdeckt, und daß nur ein schmaler Spalt rings am Himmel offen ist, durch den wir die fernen Sternscharen sehen können, — die Milchstraße.

Wir hätten anzunehmen, daß von zwei Seiten, von unten und von oben herab, dunkle Materie herandrängt und uns allmählich alle ferneren Sterne verhüllt. Die Milchstraße wäre der sichtbare Rest verschwundener Pracht.

Die andere Möglichkeit bietet sich in der Annahme, daß die Höhlen reelle Furchen oder Verdunkelungsstellen im Sternenheere sind und ein uns unbekannter Vorgang eine Zerklüftung oder Verdunkelung der Sternmassen bedingt[2]).

Der Prozeß wird nicht immer tief in der Ferne zu suchen sein, vielmehr manchmal in vorderen Schichten der Milchstraße. Bei dem Zerstören, Trennen oder Verdunkeln fände an den frisch betroffenen Stellen ein Aufleuchten oder Zusammendrängen sonst unsichtbarer kosmischer Massen statt. Dadurch, daß diese „Nebel" immer am Ende oder der Grenze der Risse auftreten, wird uns die Stelle gezeigt, wo der Vorgang weiter schreitet. Daß ein Prozeß, der sich in gewaltiger räumlicher Ausdehnung abspielt, sich fortbewegt, darüber besteht wohl kein Zweifel mehr.

Ungeheure Zeiträume würden natürlich erforderlich sein, um solche Vorgänge sich abspielen zu lassen.

Auch so kommen wir also zu der Anschauung, daß die Milchstraße ein Rest ist, in diesem Fall der Rest einer früher viel ausgedehnter leuchtenden Welt.

---

[1]) Diese Kanäle sind meist von gewaltiger Länge, wie z. B. auf Bild Nr. 4, wo drei solcher spiralig gewundener Risse von der Konzentration bei β-Tauri ausgehend weithin in den Himmel zu verfolgen sind. Der Riß, der die Dunstwolke des ξ-Perseinebels von jener der Plejadennebel scheidet, reicht bis gegen das Triangulum hin (A. N. 4082). Barnard hat ihn neuerdings teilweise beschrieben (Ap. J. 25, 218).

[2]) Vielleicht Herschels Clustering process; aber am Rande der Haufen zeigt sich kein Zusammendrängen der Sterne.

Vielleicht sind alle beide Anschauungen falsch. — Nur so viel ist sicher, daß die Milchstraße uns schöne und große Probleme aufgibt, uns auf Vorgänge und Kräfte hinweist, für deren Beschreibung uns heute noch Begriffe und Vorkenntnisse fehlen. Wir stehen einem großen Geheimnis gegenüber, ohne dessen teilweise Entschleierung unser Kosmos ein arges Flickwerk ist.

Zugleich ersehen wir aber aus den vielen Gesetzmäßigkeiten, die uns die photographisch-astronomische Forschung enthüllt, daß wir auf einem aussichtsvollen Wege marschieren, der uns dem Erstrebten näher bringt.

